

# The activation technology of P-GaN

賴兆勇、黃俊達

E-mail: 9314906@mail.dyu.edu.tw

## ABSTRACT

Present, the activation technology of P-GaN is process by conventional furnace annealing in 700~900oC, but the high temperature process will harm the device. In this thesis, the PECVD system is applied to activate the P-GaN. At the same time, the dependence of plasma power, N<sub>2</sub>/O<sub>2</sub> ratio and substrate temperature on activation of P-GaN have been discussed. The activation mechanism here is break the Mg-H covalent band by plasma power and raise the hole concentration, reducing the resistivity, obtaining the better Ohmic contact. Photoluminescence is used to demonstrate the results of activation. The peak of 640 oC activation is higher than CFA. The peak of 450 oC activation is lower than that of 640 oC but higher than CFA. The highest hole concentration of  $2.44 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$  and lowest resistivity of  $4.37 \text{ } \Omega\text{-cm}$  were obtained at 640oC, 100W and the ratio of N<sub>2</sub>/O<sub>2</sub> was 50:30. Moreover, the hole concentration of  $2.44 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$  and resistivity of  $6.37 \text{ } \Omega\text{-cm}$  were obtained at 450 oC. the low-temperature activation is workable in P-GaN.

Keywords : P-GaN ; plasma ; activation ; Hall

## Table of Contents

目錄封面內頁簽名頁授權書	iii	中文摘要	iii
iv 英文摘要	iv	vi 誌謝	vi
vii 目錄	vii	viii 圖目錄	viii
x 表目錄	x	xii 第一章 緒論	xii
1 1.1 氮化鎵材料的發展	1	1 1.2 目前活化技術簡介	1
2 第二章 理論	2	5 2.1 半導體歐姆接觸的原理	5
2.2 傳輸線模型理論	6	6 2.3 光激發光光譜量測	8
爾量測	8	8 2.4 霍爾量測	8
鍍薄膜沉積	10	8 第三章 實驗方法及量測	10
10 3.2 試片清洗	11	10 3.1 氮化鎵	10
11 3.4 表面處理	13	11 3.3 電漿活化	11
13 3.6 歐姆接觸製作與合金	14	13 3.5 微影製程	13
16 4.1 表面處理的比較	16	14 第四章 結果與討論	14
16 4.3 瓦數改變	17	16 4.1 表面處理的比較	16
18 4.5 改變N <sub>2</sub> 流量640度活化	19	16 4.2 PL量測	16
20 4.7 改變O <sub>2</sub> 流量450度活化	20	16 4.3 瓦數改變	17
22 參考文獻	22	17 4.4 改變O <sub>2</sub> 流量	17
23 附錄	25	18 4.5 改變N <sub>2</sub> 流量640度活化	19
25 圖目錄	25	20 4.7 改變O <sub>2</sub> 流量450度活化	20
25 圖2.1 P型半導體歐姆接觸示意圖	25	22 參考文獻	22
25 圖2.2 CTLM電極圖形	25	23 附錄	25
26 圖3.1 有機金屬化學氣相沉積系統(Metal organic chemical vapor deposition, MOCVD)系統簡圖	26	25 圖目錄	25
27 圖3.2 金屬與P型氮化鎵界面有無氧化層之能帶圖	27	25 圖2.1 P型半導體歐姆接觸示意圖	25
27 圖3.3 蒸鍍金屬後試片的剖面圖及俯視圖	28	25 圖2.2 CTLM電極圖形	25
28 圖4.1 表面處理溶液之I-V曲線圖的比較圖	29	26 圖3.1 有機金屬化學氣相沉積系統(Metal organic chemical vapor deposition, MOCVD)系統簡圖	26
29 圖4.2 表面處理溶液之接觸電阻 c的比較圖	29	27 圖3.2 金屬與P型氮化鎵界面有無氧化層之能帶圖	27
29 圖4.3 比較未活化、電漿活化、CFA活化之PL圖	30	27 圖3.3 蒸鍍金屬後試片的剖面圖及俯視圖	28
30 圖4.4 表較未活化、電漿活化、CFA活化之載子濃度與電阻 係數關係圖	30	28 圖4.1 表面處理溶液之I-V曲線圖的比較圖	29
31 圖4.5 表較未活化、電漿活化、CFA活化與接觸電阻 c的關係圖	31	29 圖4.2 表面處理溶液之接觸電阻 c的比較圖	29
32 圖4.6 射頻功率和載子濃度、電阻係數的關係圖	32	29 圖4.3 比較未活化、電漿活化、CFA活化之PL圖	30
32 圖4.7 c和射頻功率的關係	32	30 圖4.4 表較未活化、電漿活化、CFA活化之載子濃度與電阻 係數關係圖	30
33 圖4.8 改變O <sub>2</sub> 流量, 640度電漿活化和載子濃度、電阻係數的關係圖	33	31 圖4.5 表較未活化、電漿活化、CFA活化與接觸電阻 c的關係圖	31
33 圖4.9 改變O <sub>2</sub> 流量, 640度電漿活化和接觸電阻 c的關係圖	33	32 圖4.6 射頻功率和載子濃度、電阻係數的關係圖	32
34 圖4.10 改變N <sub>2</sub> 流量、電漿活化640度和載子濃度、電阻係數的關係圖	34	32 圖4.7 c和射頻功率的關係	32
34 圖4.11 改變N <sub>2</sub> 流量、電漿活化640度和接觸電阻 c的關係圖	34	33 圖4.8 改變O <sub>2</sub> 流量, 640度電漿活化和載子濃度、電阻係數的關係圖	33
35 圖4.12 改變O <sub>2</sub> 流量, 640度電漿活化再退火30分鐘和載子濃度、電阻係數關係圖	35	33 圖4.9 改變O <sub>2</sub> 流量, 640度電漿活化和接觸電阻 c的關係圖	33
35 圖4.13 改變O <sub>2</sub> 流量, 640度電漿活化再退火30分鐘與接觸電阻 c關係圖	35	34 圖4.10 改變N <sub>2</sub> 流量、電漿活化640度和載子濃度、電阻係數的關係圖	34
		34 圖4.11 改變N <sub>2</sub> 流量、電漿活化640度和接觸電阻 c的關係圖	34
		35 圖4.12 改變O <sub>2</sub> 流量, 640度電漿活化再退火30分鐘和載子濃度、電阻係數關係圖	35
		35 圖4.13 改變O <sub>2</sub> 流量, 640度電漿活化再退火30分鐘與接觸電阻 c關係圖	35
		35 圖4.14 改變O <sub>2</sub> 流量, 450度電漿活化和載子濃度、電阻係數的關係圖	35

係圖 . . . . .	36	圖4.15 改變O2流量，450度電漿活化和接觸電阻 c的關係 圖 . . . . .	
. . . . .	36	表 目 錄 表1.1 氮化鎵材料參數表 . . . . .	37
表3.1 P-GaN金屬接觸電阻參數表 . . . . .	38	表4.1 改變瓦數之參數表 . . . . .	
. . . . .	39	表4.2 改變O2流量，640度電漿活化之參數表 . . . . .	39
. . . . .	40	表4.3 改變N2流量，電漿活化640度之參數表 . . . . .	
. . . . .	40	表4.4 改變O2流量，640度電漿活化，再退火30分鐘之參 數表 . . . . .	
. . . . .	40	表4.5 改變O2流量，450度電漿活化之參數表 . . . . .	41

## REFERENCES

[1] S. Nakamura, T. Mukai, and M. Senoh, Appl.Phys.Lett. 64,1687 (1994).

[2] S. Nakamura, M. Senoh, S.Nagahama, N. Iwasa, T.yamada, T. Matsushita, H. Kiyoku, Y. Sugimto, T. Kozaki, H. Umemoto, M.Sano, and K. chocho, Appl.Phys.Lett. 72,2014(1998).

[3] M. Asif Khan, J. N. Kuznia, D. T. Olson, J. M. Van Hove, M. Blasingame, and L. F.Reitz, Appl. Phys. Lett. 60, 285 9 (1993) [4] Strategies Unlimited,Gallium Nitride-Technology Status and Applications Analysis pp.3, March (1997).

[5] Strategies Unlimited,Gallium Nitride-Technology Status and Applications Analysis pp.21, March (1997).

[6] S. Nakamura, T. Mukai , M. Senoh, , and N. Iwasa, Jpn. J.Appl. Phys.Part2 31,L139(1992) [7] S.J.Chang , Y.K.Su , T. L. Tasi , C.Y.Chang ,Appl. Phys,Vol.78.No.3,15 January 2001 [8] H. Amano, M. Kito, K. Hiramatsu, and I. Akasaki , Jpn. J.Appl. Phys.Part 2 28.L2112(1989).

[9] Dieter K. Schroder, “ Semiconductor Material and Device Characterization 2nd ed. ” pp.140(1998).

[10] Dieter K. Schroder, “ Semiconductor Material and Device Characterization 2nd ed. ” pp.157(1998).

[11] Sze, S. M., Physics of Semiconductor Devices, 2nd ed., Taipei, John Willey & Sons, p.683-688, 1983.

[12] S. Nakamura, N. Iwasa, M. Senoh, and T. Mukai , Jpn. J.Appl. Phys.Part1 31,1258(1992).

[13] Sang-Woo, Ji-Myon Lee, Chul Huh, Nae-Man Park, Hyun-Soo Kim,Appl. Phys. Lett, Vol. 76 No 21,22 May 2000 [14] Jong Lam Lee, M. Weber, J. K. Kim, J. W. Lee, Y. J. Park,T. Kim, K.Lynn,Ohmic contact formation mechanism of nonalloyed Pd contacts to p type GaN observed by position an nihlation spectroscopy, Appl. Phys. Lett Vol.74,pp.2289.